

홍삼으로부터 분리한 수용성 갈변물질의 기능성 연구 2. Linoleic acid, Ox-brain autoxidant 및 Fe^{2+} ADP/NADP system에서 항산화 활성 중심으로

이종원[#] · 손형옥 · 도재호

한국인삼연초연구원
(2000년 2월 25일 접수)

Function of the Water Soluble Browning Reaction Products Isolated from Korean Red Ginseng 2. Linoleic acid, Ox-brain autoxidant and Fe^{2+} ADP/NAD system

Jong-Won Lee[#], Hyung-Ok Sohn and Jae-Ho Do
Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea
(Received March 25, 2000)

Abstract : The purpose of this study was to investigate the antioxidant activities of water soluble browning reaction products (WS-BRPs) isolated from korea red ginseng. Antioxidant activities of WS-BRPs were examined with the various systems. All three WS-BRPs (L, S-1 and S-2) were found to have an ability to linoleic acid, Ox-brain autoxidant, Fe^{2+} ADP/NADP system and cumene hydroperoxide system. Especially, S-2 was had the strongest activity of theses three WS-BRPs to scavenge free radicals such as more effective than S-1, L. MDA determination showed the antioxidant effect on linoleic acid oxidation inhibition ratio of 22.5%, 31.7%, 31.9% and 33.5%, respectivity. Especially, Ox-brain autoxidant was strong inhibited activity by 49.52%, 62.44, 97.54% by addition of various concentration. But three WS-BRPs showed weak inhibitory activity on lipid peroxidation in rat hepatic microsomes induced enzymatically and nonenzymatically.

Key words : *Panax ginseng*, maillard reaction, melanoidin, hydroperoxy radical, Ox-brain autoxidant, Fe^{2+} ADP/NADP and cumene hydroperoxide.

서 론

최근 기능성 식품 분야에서는 가장 괄목할 만한 발전의 하 나는 활성산소(active oxygen)에 대한 연구라 할 수 있다. 지금까지 알려진 바에 의하면 인간이 섭취하는 산소의 3% 정도는 세포의 대사과정에서 가장 안정한 화합물로 바뀌지 못하고 불안정한 상태에서 머물게 되며, 따라서 더 안정한 화합물인 물이 되기 위해서 주위의 물질로부터 전자를 뺏으려는 성질을 강하게 나타내며 이러한 성질이 결국 세포파괴작용을 낳는다고 볼 수 있다.¹⁾ 이러한 불안정한 산소를 유해산소 또는 활성산소라 하는데 이들은 세포의 주요 성분인 단백질, 핵산, 지질 등

을 파괴해 세포기증에 결정적인 해악을 미치게 된다.²⁻⁴⁾ 지금 까지 알려진 유해 활성산소로는 일중항산소(singlet oxygen, $^1\text{O}_2$), super oxide anion($\text{O}_2^- \cdot$), hydroxyl radical($\text{OH} \cdot$), hydrogen peroxide(H_2O_2) 등이 있다.⁵⁾ 또한 유해활성산소는 체내의 지방질(lipids)과 쉽게 결합하여 연쇄적으로 제2의 산화를 유발시켜 여러 가지 free radical들과 산화생성물들을 생성 한다.⁶⁾ 유해활성산소의 해독을 막을 수 있는 방법으로는 인체에서 발생하는 유해활성산소의 양을 줄이거나, 이미 발생한 유해활성산소를 제거하는 것이며, 유해활성산소를 제거하는 방법으로는 β -carotene, ascorbic acid, tocopherol이 함유된 신선한 야채, 과일, 견과류 및 산화방지제를 먹는것이 좋다고 권장하고 있다.⁷⁻⁹⁾

갈색화반응은 효소적 또는 비효소적 반응으로 진행되고 있다. 비효소적으로 일어나는 Maillard reaction은 melanoidines

본 연구에 대한 문의는 이 저자에게로
(전화) 042-866-5322; (팩스) 042-861-2522
(E-mail) jwlee@gtr.kgtri.re.kr

생성의 주된 반응이며, 그 반응물질(Maillard reaction products : MRPs)은 생체내 또는 식품내에서 다양한 항산화 활성을 나타낸다는 많은 연구가 보고되고 있다.¹⁰⁻¹⁴⁾ 지금까지 갈변반응 생성물의 활성에 관한 연구는 주로 당과 아미노화합물을 대상으로 한 model system에 의한 연구가 많이 진행되었는데, 이러한 model system에 의한 반응 생성물이나 분획물을 이용한 항돌연변이원성, 특히 항산화성에 대해서 많이 보고되었다.^{15,16)}

항산화제는 합성항산화제와 천연항산화제로 구분되며 합성항산화제인 BHA, BHT, ascorbic acid, benzoic acid, *p*-oxybenzoic ester는 오랫동안 이용되어 왔으나 다양 섭취하면 유해하다는 설¹⁷⁾ 등에 기인하여 합성 식품첨가물에 대한 소비자의 거부반응으로 그의 수요가 급격히 감소되고 있는 추세에 있다. 따라서 이러한 Melanodine의 항산화적 특성을 이용한 새로운 천연 항산화제 개발 및 그 이용을 적극 검토 할 수 있을 것이다.

홍삼의 갈변에 관한 연구는 김¹⁸⁾이 보고한 홍삼의 갈변화에 관한 연구를 비롯하여, Han 등¹⁹⁾의 연구결과에 의하면 홍삼의 갈색화 반응 생성물들은 항산화 효력이 있으므로 생체내 과산화지질 생성억제로 노화 억제효과가 있다고 보고되고 있다. 또한 인삼의 활성검증 및 효능연구는 유기용매 추출물 대상으로 연구되어 왔으나 각종 유기용매 추출물보다는 물 추출물의 양이 훨씬 많으며, 그 중에서도 갈변물질이 상당히 많이 함유되어 있는 것으로 보고되었다.²⁰⁾

전보에서 이미 홍삼의 갈색화 반응이 초기에서 효소적 갈색화반응, 증삼후에는 비효소적 갈색화반응이 관련된 복합적 반응에 의해 이루어지며, 홍삼의 갈변물질은 대부분 수용성 물질임을 밝혔고,²¹⁾ 또한 홍삼 분말을 물로 추출한 뒤, column chromatography 등의 방법에 의해 분리한 후 부분적 구조분석 결과를 보고하였다.²²⁾ 따라서 본 연구에서는 고려 홍삼에서 분리한 수용성 갈변물질의 항산화 활성을 linoleic acid, Ox-brain antioxidant, Fe²⁺ ADP/NADP 및 cumene hydroperoxide system 중심으로 조사한 그 결과를 보고하고자 한다.

실험방법

1. 시료조제

홍삼 100g(2 mm sieve 통과)에 10배 가량의 증류수를 가한 후 4°C에서 24시간씩 3회 추출하고, 4°C에서 원심분리(8,000 rpm, 20분)하여 얻은 상정액에 *n*-BuOH를 첨가한 후 진탕하면서 실온에서 3회 추출하여 지용성 물질과 사포닌류를 *n*-BuOH층으로 이행시키면서 제거하였다. 이렇게 제거된 수용성 갈변물질 분획에 55%에탄올을 가하여 침전물을 제거한 후 (Spectra, M.W. Cut-off 3,500) 투석막으로 4°C에서 1일씩 3회

투석하여 투석내액(L이라고 명명)과 투석외액으로 나누었다. 투석외액의 저분자 갈변물질을 분리하기 위하여 Bio-Gel P-2로 gel chromatography상에서 분리하여 갈변물질 분획을 얻었다. Column상에서 먼저 유출되는 갈변물질 분획을 S-1, 그 다음에 유출되는 갈변물질 분획을 S-2로 명명한 후 각 시료를 동결건조하여 사용하였다.

2. Linoleic acid의 산화반응 및 산화방지활성 측정

Tris-HCl buffer(pH 7.4, 30 mM)와 SDS(0.2%)가 첨가된 linoleic acid(1%) 수용액에 수용성 갈변물질 분획을 0~1500 ppm 농도로 가하고,^{23,24)} 400 μM H₂O₂를 첨가 30분전에 미리 혼합한 후 가하여 최종 잔류물의 용량을 5 ml로 한 후 37°C에서 16시간 동안 진탕하며 산화반응 시켰다. 16시간 후 1.2 mg BHT를 가하여 산화반응을 종결시켰다. 산화된 시료중에 생성된 MDA(malondialdehyde)의 양은 Osawa 와 Shibamoto의 방법을²⁵⁾ 일부 변경하여 다음과 같이 HPLC(Waters, USA)로 분석 측정하였다. 즉, 산화된 시료(1 ml)에 0.8 ml urea(6M)와 0.2 ml HCl(1.2N)을 가하여 100°C에서 1시간 동안 가열한 후, 이 반응 액을 C₁₈-SPE column(J.T Baker, USA)에 통과시키고, 증류수 세척하여 최종 2 ml로 정용하였다. 20 μl를 취하여 RP-HPLC를 이용하여 2-hydroxypyrimidine으로서 MDA를 정량 분석하였다. 이때 HPLC의 조건은 C18 column(μBondapak 18, 0.39×30 cm, 10 μm)과 UV detector(309 nm)를 사용하였으며, mobile phase로 증류수(1 ml/min)를 사용하였다.

3. Ox-brain autoxidation에 의한 항산화 효력

수용성 갈변물질이 ox-brain내의 지방질 항산화성은 지방질로서 ox-brain homogenates를 이용하여 자동산화를 시킨 후 MDA의 양을 상대적으로 비교하였다.²⁶⁾ 즉, 단백질 농도가 6.5 mg/ml가 되도록 ox-brain homogenate를 회석하여 1.2 ml를 각 시험관으로 옮기고, 수용성 갈변물질을 농도별로 첨가하였다. 대조군은 phosphatesaline buffer를 사용하였으며, 각 시험관을 37°C incubator에서 1시간 동안 반응시키고 28% trichloroacetic acid(TCA) 375 μl을 첨가한 후 원심분리(3,000 rpm, 20분)하여 상정액 600 μl 취해서 1.2% 2-thiobarbituric acid(TBA) 150 μl를 첨가하였다. 이 용액을 100°C에서 20분 동안 열처리한 후 532 nm에서 흡광도를 측정하여 항산화성을 조사하였다.

4. 흰쥐의 간 microsome을 이용한 항산화 효력

Lake 등²⁷⁾의 방법에 따라 쥐의 간으로부터 microsome을 분리하였다. 즉, 체중 180~200g의 융성 Sprague Dawley rat로 부터 간조직을 절단하여 잘게 자른 후, Fig. 1과 같은 방법

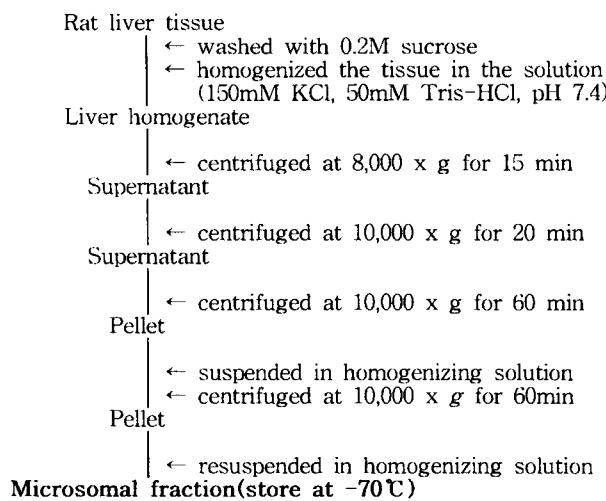


Fig. 1. Procedure for the preparation of microsomal fraction from rat liver tissue.

으로 0.2M sucrose로 세척하여 4배 용량의 냉각된 Tris-HCl buffer(150 mM KCl, 50 mM Tris-HCl, pH 7.4)를 넣고 조직을 균질화 하였다. 균질액을 원심분리(8,000×g, 15분)한 후 그 상정액을 다시 원심분리(10,000×g, 20분)하여 균질화되지 않은 조직, 절편 및 mitochondria를 제거하였다. 이 pellet을 Tris-HCl buffer(150 mM KCl, 50 mM Tris-HCl, pH 7.4)에 혼탁시킨 후, 다시 원심분리(10,000×g, 60분)하여 얻은 pellet를 실험에 사용할 microsome 분획으로 하였다. 분획된 microsome은 Tris-HCl buffer(150 mM KCl, 50 mM Tris-HCl, pH 7.4)에 단백질농도가 10~20 mg/ml가 되도록 혼탁시킨 후 -70°C에 냉동 보관하여 사용하였다.

(1) Fe²⁺-ADP/NADP system에 의해 유도된 활성

Afanasev 등²⁸⁾의 방법에 따라 먼저 150 mM Tris HCl buffer(pH 7.4) 285 μl, microsome(10 mg protein/ml) 65 μl, 0.2 mM Fe²⁺을 포함하는 5 mM ADP 34 μl, 1 mM NADP 66 μl에 수용성 갈변물질을 50 μl 첨가하여 총량 500 μl의 시료 용액을 제조하였다. 이 시료 용액 100 μl을 Bidlack 등²⁹⁾의 방법에 따라 37°C에서 각각 5, 10, 20, 30 및 60분 동안 반응시켜 지질과산화를 유도하고 1.2% TBA 500 μl, 20% acetic acid 750 μl, 8.1% SDS 100 μl를 첨가한 후 원심분리(1,000×g, 10분)하였다. 그 상정액을 취하여 끓는 물에 30분간 가열하여 발색시키고, 냉각하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 지질과산화 억제율은 대조군의 흡광도에 대한 저해율(%)로 비교 분석하였다.

(2) Cumene hydroperoxide system에 의해 유도된 활성

Porer 등³⁰⁾의 방법에 따라 0.1M KPi(pH 7.6) 375 μl와 microsome(10 mg protein/ml) 65 μl, CHP/MeOH 10 μl에 수용성 갈변물질을 50 μl을 첨가하여 총량을 500 μl로 하였다.

이 반응액을 Bidlack²⁹⁾ 등의 방법에 따라 잘 혼합하여 37°C에서 각각 5, 10, 20, 30 및 60분 동안 반응시켜 지질과산화를 유도하고 1.2% TBA 용액 500 μl와 20% acetic acid 750 μl, 8.1% SDS 100 μl, 시료용액 100 μl를 첨가한 후 원심분리(1,000×g, 10분)하였다. 그 상정액을 취하여 끓는 물에 30분간 가열하여 발색시키고, 냉각하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 지질과산화 억제율은 대조군의 흡광도에 대한 저해율(%)로 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

1. Linoleic acid 산화에 대한 산화방지효과

표준품 및 산화시료를 사용하여 2-hydroxypyrimidine으로 MDA를 분석한 HPLC chromatogram,dms Fig. 2와 같다. 표준품을 사용하여 시료 용액에 5.5분에서의 peak가 2-hydrox-

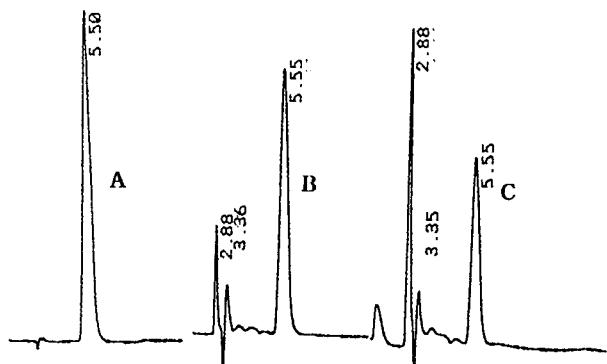


Fig. 2. HPLC chromatogram of linoleic acid in aqueous buffer system after 400 uM FeCl₂ and 200 uM H₂O₂ at 37oC, 16 hrs. A; Standard (50 ppm), B; Blank, C; S-2 1500 ppm

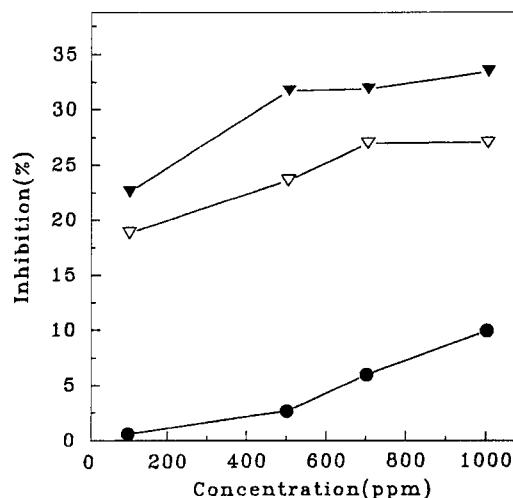


Fig. 3. Inhibition of 2-hydroxypyrimidine production by red ginseng WS-BRPs. ●; L, ▽; S-1, ▼; S-2

ypyrimidine임을 확인하였으며, 2-hydroxypyrimidine의 표준품 용액(0~100 nmol/ml)을 사용한 시험에서 peak area와 2-hydroxypyrimidine의 농도 사이에는 우수한 직선관계 ($r^2=1.000$)가 있음이 확인되었다. 상기의 방법으로 TEP를 이용하여 MDA(100 nmol/ml)와 urea(6M)를 반응시킨 시험 결과 2-hydroxypyrimidine으로 85% 이상의 수율을 나타냈다. 이 HPLC 방법은 종래의 TBA 방법과 비교하여,^{31,32)} MDA 만의 순수 단독 정량분석이 가능하며 시료 간 비교 가능한 재현성(무첨가군 측정시, SD=14.8%, n=5)과 시료의 분리, 정제면에서 용매를 사용하지 않는 우수한 방법임이 확인되었다.

수용성 갈변물질의 첨가농도가 linoleic acid에 대한 산화방지효과를 Fig. 3에 나타냈다. MDA 생성량으로 비교 측정한 항산화 효과는 S-2, S-1 및 L 순으로 나타났다. 투석내액 갈변물질보다 투석외액 갈변물질 쪽에서 산화저해율이 높은 것으로 나타났으며, 이때 S-2의 산화저해율은 L, S-1 시험구보다 적은 농도에서 산화억제율이 높았다. 투석외액인 S-1은 18.5, 22.8, 25.4, 25.7%이고, S-2의 산화저해율은 22.5, 31.7, 31.9 및 33.5%였고, 투석내액인 L의 산화저해율은 0.2, 5.9 및 10.0%로 나타나 첨가농도가 증가함에 따라 산화저해율은 높았다. 그러나 L의 첨가구에서는 S-1, S-2보다 산화저해율이 현저히 낮았다. MDA는 lipid oxidation 과정에서 secondary lipid oxidation 생성물로 생성되는 물질로서 지질을 다양 함유하는 식품이 sunlight와 같은 oxidative stress에 노출되는 경우 문제성을 갖게 된다. 식품학적으로 이 MDA는 lipid 함유식품의 산패도 및 freshness를 측정하는 indicator로 이용될 수 있다. 또한 생물학적으로는 노화, mutagenesis 또는 carcinogenesis와 관련하는 것으로 알려져 있다.^{33,34)} MDA의 정량 분석법은 식품의 oxidation 상태(또는 항산화효과)를 측정할 수 있는 방법이며, 생물학적으로는 potential toxicity에 따른 중요점을 갖고 있다.

MDA와 관련되어 특히 육류식품 및 biological system에 많이 이용되어 온 종래의 산폐측정법으로는 TBA(Thiobarbituric acid assay)가 있으나 재현성이 낮으며 또한 TBA와 정색반응을 일으키는 carbonyl compound는 MDA에 국한된 것은 아닌 것으로 알려져 있어서³⁵⁾ 지질 및 지질 함유식품의 산폐도 측정의 응용범위에는 제한되어 있다. 반면에 free MDA를 HPLC로 정량분석하는데는 compound의 안정성 및 separation 과정에 어려운점이 있는 것으로 알려져 있다.³⁶⁾

2. Ox-brain antioxidant시에 나타난 항산화 효과

Ox-brain homogenates를 사용하여 ox-brain이 자동산화에 의해 생성되는 MDA를 수용성 갈변물질을 농도별로 첨가하여 그 자동산화의 저해 여부를 상대 antioxidant 활성으로 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 즉, 투석내액인 L은 10 μl 농도에서

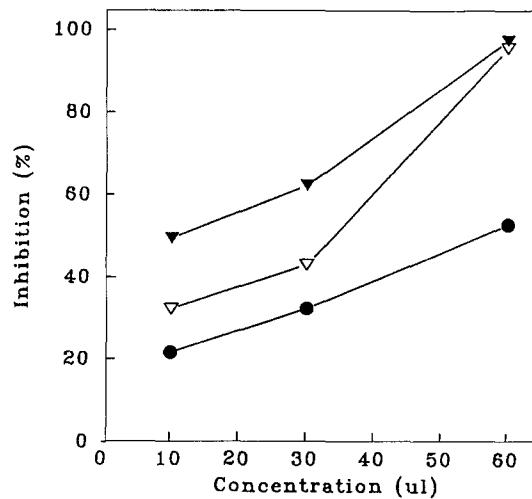


Fig. 4. Autoxidation activities by red ginseng WS-BRPs, ●; L, △; S-1, ▲; S-2

21.65%, 30 μl에서 32.45%, 60 μl에서는 52.98%의 활성을 보였으며, 투석외액인 S-1은 10 μl 농도에서 32.28%, 30 μl에서 43.19%, 60 μl에서는 95.72%였고, S-2의 경우는 10 μl 농도에서 49.52%, 30 μl에서 62.44%, 60 μl에서는 97.54%로 항산화 활성이 아주 강하였으며, 시료의 농도가 증가할수록 항산화 활성이 증가하였다. 갈변물질의 항산화성은 여러 인자가 있지만 hydroxide, amine 및 carboxyl acid 구조에 의한 것으로 생각된다.

이²⁶⁾는 생쥐에 12개월간 홍삼 및 백삼을 투여하여 혈청내의 antioxidant 활성도를 조사한 결과에 의하면 대조군, 홍삼 및 백삼은 각각 14±3.2%, 20±3.9%, 11±2% 순으로 홍삼은 대조군에 비해 약 6% 높게 나타났으나 백삼군은 대조군과 별 차이가 없다고 보고하였다.

3. 흰쥐 간 microsome 분획의 항산화 효과

(1) Fe²⁺ ADP/NADP system에 의해 유도된 활성

흰쥐 간의 microsome 분획을 분리하여 수용성 갈변물질과 ADP/NADP를 일정량으로 혼합하여 37°C에서 5, 10, 20, 50 및 60분으로 반응시켜 지질과산화를 유도한 항산화 활성을 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. 즉, 투석내액인 L의 경우 5분이내 4.78%, 60분 0.81%로 시간이 증가함에 따라 지질과산화의 항산화 활성은 감소하였다. 투석외액인 S-1은 5분이내 5.36%, 60분 0.85%였고, S-2의 경우 5분일 때 17.44%에서 60분일 때 2.74%로 모든 시험구에서 반응초기에 항산화 활성이 강하였으며, 반응시간이 길수록 항산화력은 감소하였다. 수용성 갈변물질의 항산화 활성은 S-2, S-1, L 순으로 나타났다. 인삼에서 흰쥐간 microsome 분획의 지질과산화에 대하여 억제활성을 나타내는 석유에테르 분획성분은 폴리아세틸렌 성분인 panaxynol,

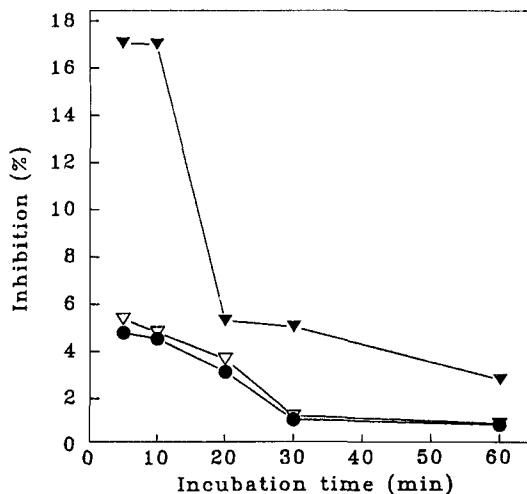


Fig. 5. Inhibition of Fe^{2+} -ADP/NADP system of microsomal fraction. The reaction mixtures contained 150 mM Tris-HCl buffer (pH 7.4), 10 mg protein of microsomal fraction, 0.2 mM Fe^{2+} , 5 mM ADP, 1 mM NADP and adequate amount of red ginseng WS-BRPs and the mixtures was incubated at 37°C for various time with shaking. ●; L, ▽; S-1, ▼; S-2

panaxydol 등이 보고되어 있으나³⁷⁾ 홍삼의 수용성 갈변물질의 비효소적 및 효소적방법의 연구결과는 지금까지 없는 실정이다. 지질과산화 중에서 특히 MDA는 2개의 aldehyde group을 가지고 있기 때문에 amino group을 가지고 있는 생체성분과 반응하여 lipofusion이나 노화색소라고 부르는 형광물질을 생성한다고 알려져 있으며 DNA 구조이동 변이원성 규주인 bis D3052에 대하여 자연돌연변이를 유발시킨다는 연구결과도 보고되고 있다.³⁸⁾

(2) Cumene hydroperoxide system에 의해 유도된 활성

흰쥐 간의 microsome 분획을 분리하여 비효소적인 지질과 산화 억제 활성을 측정하기 위하여 37°C에서 시간별로 반응시켜 항산화 활성을 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. L의 경우 5분에서 6.15%, 60분일 때 2.76%로 감소되었고, S-1의 5분일 때 6.22%에서 60분일 때 2.95%, S-2의 경우 5분일 때 9.14%에서 60분일 때 4.25%로 반응시간이 증가함에 따라 항산화 활성이 감소되었다. 이 system에서도 Fe^{2+} -ADP/NADP system 에서와 같이 항산화 활성은 S-2, S-1, L의 순으로 나타났다. 반응초기에 항산화 활성이 강했으나 반응시간이 경과함에 따라 항산화 활성이 감소하였다. Kim³⁹⁾은 갈변과 항산화 작용과는 상관관계가 없고, 비효소적 갈변반응의 갈색이 나타나지 않은 중간단계에서 주요 항산화력이 나타난다고 하였으며, 분자 물질이 항산화 효과가 크다고 보고된 바 본 실험과도 유사한 경향이었다. 그러나, Kirigaya⁴⁰⁾ 등은 항산화력은 갈색도에 비례한다고 하였고, You⁴¹⁾도 고분자 물질분획에서 항산화력이 강하게 나타난다고 하여 본 실험과는 상이한 결과였다.

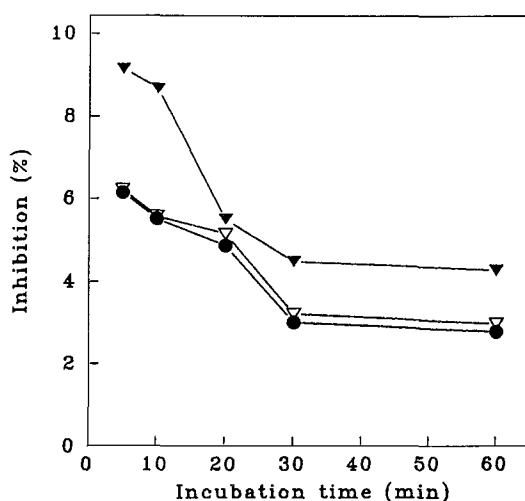


Fig. 6. Inhibition of cumene hydroperoxide of microsomal fraction. The reaction mixtures contained 0.1 M Kpi (pH 7.6), 10 mg protein of microsomal fraction, 10 ml CHP/MeOH and adequate amount of red ginseng WS-BRPs and the mixtures was incubated at 37°C for various time with shaking. ●; L, ▽; S-1, ▼; S-2

고려인삼에서 분리한 polyacetylene 성분인 panaxydol, panaxynol, panaxytriol이 CCl_4 로 유도된 흰쥐의 지질과산화와 효소적 또는 비효소적으로 유도된 시험관내 과산화지질 형성에 미치는 영향을 조사한 결과에서 polyacetylene 성분들은 CCl_4 로 유도된 간의 과산화지질 형성에 대한 보호작용을 나타내었다. 그리고 panaxynol은 혈청 지질과산화 수준을 저하시켰으며, CCl_4 처리에 의해 cytochrome P-450 함량과 aniline hydroxylase, aminopyrine, demethylase 활성이 저하되지만, panaxydol과 panaxynol은 aniline hydroxylase, polyacetylene 성분은 aminopyrine demethylase 생성을 유도하는 등 polyacetylene 성분은 CCl_4 로 유도된 간독성에 대한 보호작용이 있다고 하였다.³⁷⁾

요약

홍삼에서 분리한 수용성 갈변물질의 항산화 활성을 linoleic acid, Ox-brain autoxidant, Fe^{2+} ADP/NADP 및 cumene hydroperoxide 시스템에서 조사한 결과를 다음과 같다.

1. Linoleic acid : 투석내액의 갈변물질보다 투석외액의 갈변물질 쪽에서 hydroperoxy radical 저해율이 높은 것으로 나타났으며, 이때 S-2의 산화저해율은 S-1, L 시험구보다 적은 농도에서 저해율이 높았다. S-2의 산화저해율은 49.52, 62.44 및 97.5%로 나타나 첨가농도가 증가함에 따라 linoleic acid 산화저해율은 높았다.

2. Ox-brain autoxidant : 자동산화에 의한 항산화활성을 조사한 결과, 투석내액의 갈변물질보다 투석외액의 갈변물질 쪽에

서 자동산화에의한 항산화활성이 높은 것으로 나타났다. 특히 S-2의 항산화활성은 22.5, 31.7, 31.9 및 33.5%로 나타났다.

3. Fe^{2+} ADP/NADP 및 cumene hydroperoxide : 흰쥐 간의 microsome 분획을 분리하여 수용성 갈변물질의 ADP/NADP 및 cumene hydroperoxide 항산화 활성을 조사한 결과, 모든 시험구에서 반응 초기에 항산화 활성이 있으나, 반응 시간이 길수록 항산화 활성은 감소하였다. 그 활성의 순서는 S-2>S-1>L순으로 나타났으나 항산화 활성의 강도는 전체적으로 약하게 나타났다.

인용문헌

1. 한국노화학회 : Oxygen free radicals in aging, clinical disorders and drug development, p. 3, Seoul (1992).
2. Aruoma, O. I., Kaur and B. Halliwell : *J. Roy. Soc. Health* **111**, 172 (1991).
3. Diplock, A. T. : *Am. J. Clin. Nutr.* **53**, 189 (1991).
4. 김숙희, 김화영 : 노화, p. 83, 253, 민음사, 서울 (1995).
5. Korycka-Dahl, M. S. and T. Richardson : *J. Food sci. & Nutr.* **14**, 209 (1978).
6. Min, D. B. and H. O. Lee : Chemistry of lipid oxidation, Marcel Dekker, Inc., N.Y. p. 241 (1996).
7. Knekt, P. : *Am. J. Epidemiol.* **134**, 471 (1991).
8. Jailal, I., G. L. Vega and C. M.. Grundy : *Atherosclerosis* **82**, 185 (1990).
9. Murphy, S. P., A. F. Subar and G. Block : *Am. J. Clin. Nut.* **52**, 361 (1990).
10. 김선봉, 김인수, 염동민, 박영호 : 한국식품과학회지 **20**, 119 (1988).
11. Namiki, M. : *Adv. Food Res.* **32**, 115 (1988).
12. 최홍식, 이정수, 문갑순, 박건영 : 한국식품과학회지 **22**, 332 (1990).
13. Oimomi, M. and Hayase, F. : *Nippon Nogeikakaku Kaishi* **61**, 987 (1987).
14. 문갑순, 최홍식 : 한국식품과학회지 **19**, 537 (1987).
15. Namiki, M. and Hayase, F. : *Am. Chem. Soc. Washington* **215**, 21 (1983).
16. Mathew, A. C. and Parpia, H. A. B. : *Adv. Food. Res.* **19**, 75 (1971).
17. Hathaway, D. E. : Academic press, New York **15**, 1 (1966).
18. 김동연 : 한국농화학회지 **16**, 60 (1973).
19. Han, B. H., Park, M. W., Woo, L. K., Woo, W. S. and Han, Y. N. : *Proc. of 2nd Intl. Ginseng Symp.* Seoul Korea, p.13 (1978).
20. 이종원, 이성계, 도재호, 심기환 : 고려인삼학회지 **3**, 244 (1995).
21. 이종원, 이성계, 도재호, 성현순, 심기환 : 고려인삼학회지 **3**, 249 (1995).
22. 이종원, 고학룡, 심기환 : 한국식품영양학회지 **5**, 499 (1998).
23. Minotti, G. and S. D. Aust. *J. Biol. Chem.* **262**, 1098-1101 (1987).
24. Gebicki, J. M., G. G. J. Rrgens, and H. Esterbauer 'Oxidative Stress: Oxidant and Antioxidant' Ed. Sies, H. Academic Press, London, p. 371 (1991).
25. Osawa, T. and T. Shibamoto : *J. Am. Oil Chem. Soc.* **69**, 466 (1992).
26. 이영구 : 공주대학교 석사학위논문 (1994).
27. Lake, R. : *Backwell Scientific Publications, Philadelphia*, p. 722 (1976).
28. Afranasev, I. R., Dorozhk, V. A. : *Bio. Phar.* **38**, 1763 (1989)
29. Bidlack, W. R. and Tappel, A. L. *Lipids* **8**, 177 (1973).
30. Porer, N. A., Nixou, J. and Isaa, S. R. : *B. B. A.* **441**, 506 (1976).
31. 김동훈 식품화학, p.535-536, 583-586, 764, 탐구당, 서울 (1990).
32. Raharjo, S., J. N. Sofos, and G. R. Schmidt : *J. Agric. Food Chem.* **40**, 2182 (1992)
33. Shamberger, R. J., Corlett, C. L., Beaman, K. D. and Kasten, B. L. : *Mut.* **66**, 349 (1979).
34. Shamberger, R. J., Anderson, T. L. and Wills, C. E. : *J. Natl. Cancer Inst.* **53**, 1771 (1974).
35. Knight, J. A. Pieper, R. K. and McClellan, L. : *Clin. Chem.* **34**, 2433 (1988).
36. Wade, C. R., Jackson, P. G. and Van Rij, A. M. : *Biochemical medicine* **33**, 291 (1985).
37. 김영숙 : 중앙대학교 박사학위논문 (1988).
38. Ames, B. N., : *Cancer and diet Sci.* **224** (1984).
39. Kim. D. H. and Hwang, C. I., : *Wld. Hith. Org. Techn. Rept. Ser.* **228** (1973).
40. Kirigaya, N., Kato, H., and Fuhimaki, M., : *Agric. Biol. Chem.* **3**, 287 (1968).
41. You, B. J. : *National Fisheries Univ. Pusan* (1985).